

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Cálculo de los cambios de vía

(CONTINUACIÓN) (1)

V.—Cambios de longitud fija.

Como hemos tenido ocasión de comprobar, el problema general es indeterminado, habiendo infinidad de valores de X , Y compatibles con dos radios de enlace dados. El problema se determina en cuanto se introduce una condición, como sucede en los cambios rectos, en los que $\omega = 0$.

La condición más sencilla y más útil, es la constancia de la longitud: veamos las consecuencias de hacer X constan-

ellas $X_1 = X_2 = D$, ó mejor por las que resultan de eliminar D que son

$$(\gamma_1 - \gamma_0) \cos(\alpha + \omega) = (\gamma_0 - \gamma_2) \cos \gamma = (r_0 r) (1 - \cos(\alpha + \omega - \gamma)) \quad (29)$$

De un modo análogo obtendremos las ecuaciones

$$y_0 = (D - L) \operatorname{tang} \frac{\omega}{2} \quad (30)$$

$$\rho_0 = \cos \frac{D - b - c \cos \omega}{\operatorname{sen} \omega} \quad (31)$$

$$(Y_1 Y_0) \cos \omega = (Y_0 - Y_2) = (\rho_0 - \rho) (1 - \cos \omega) \quad (32)$$

que se deducen de las (16), (21) y (26).

Desde luego podemos observar que las ecuaciones (29)

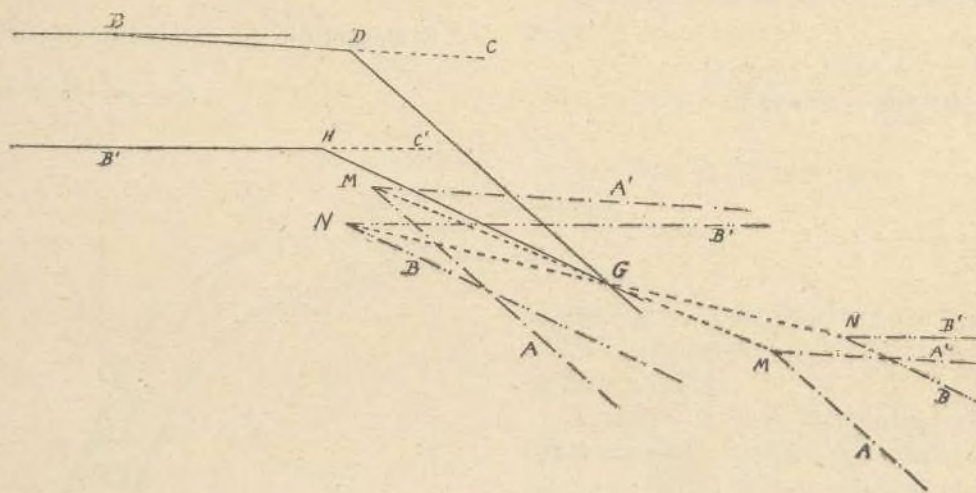


Fig. 7.*

temente igual al valor D adoptado para el cambio recto del mismo índice.

La ecuación (14), que se convierte en

$$\gamma_0 \cos \frac{\alpha + \omega + \gamma}{2} = D \operatorname{sen} \frac{\alpha + \omega + \gamma}{2} - l \cos \frac{\alpha + \omega + \gamma}{2} - h \operatorname{sen} \frac{\alpha + \omega - \gamma}{2} \quad (27)$$

nos dará para cada valor de ω el valor γ_0 correspondiente al radio máximo; este radio γ_0 vendrá dado por la ecuación (21) transformada en

$$\gamma_0 = \frac{D - b \cos \gamma - c \cos(\alpha + \omega)}{\operatorname{sen}(\alpha + \omega) - \operatorname{sen} \omega} \quad (28)$$

y los valores extremos de Y compatibles con otro radio r se determinarán por las ecuaciones (24), (25), haciendo en

y (32) carecen de importancia práctica, porque discutiéndose valores de Y , es decir, dimensiones transversales del cambio, no interesa como en el caso del cambio recto, en que se discutían longitudes, sacrificar parte del radio máximo.

Por otra parte, de las ecuaciones (27), (30), se deduce:

$$Y_0 - y_0 = \frac{(D - N \operatorname{sen} \omega + P \cos \omega - M) \operatorname{sen} \frac{\alpha + \gamma}{2}}{\cos \frac{\omega}{2} \cos \frac{\alpha + \omega + \gamma}{2}}$$

ó bien, teniendo en cuenta las ecuaciones (18):

$$Y_0 - y_0 = \frac{(D - X_0) \operatorname{sen} \frac{\alpha + \gamma}{2}}{\cos \frac{\omega}{2} \cos \frac{\alpha + \omega + \gamma}{2}}$$

(1) Memoria presentada al Congreso Científico de Zaragoza.

escribiendo

$$2\rho \operatorname{tang} \frac{\omega}{2} = \rho\omega = D - (b + c)$$

y en virtud de la ecuación anterior

$$\frac{D - (b + c)}{X_0 - (b + c)} = \frac{\rho}{\rho - N}$$

ó bien

$$\frac{X_0 - D}{D - (b + c)} = \frac{-N}{\rho}$$

de donde se deduce que la variación relativa del desarrollo del cambio es igual aproximadamente á $\frac{l}{2\rho}$.

Es más frecuente colocar los aparatos de cambio y cruzamiento de modo que sean tangentes en sus extremidades exteriores á la curva primitiva de radio R (fig. 9.^a), tendiéndose en este caso las ecuaciones

$$\begin{aligned} X &= R \operatorname{sen} \omega - f \cos \omega - a \\ Y &= R - f \operatorname{sen} \omega - R \cos \omega \end{aligned} \quad (34)$$

Pero es evidente que la curva de radio ρ , $C'F'$, no ocupará el espacio disponible, y no será, por consiguiente, aplicable la ecuación (16) mientras no se verifique la igualdad $a + b$

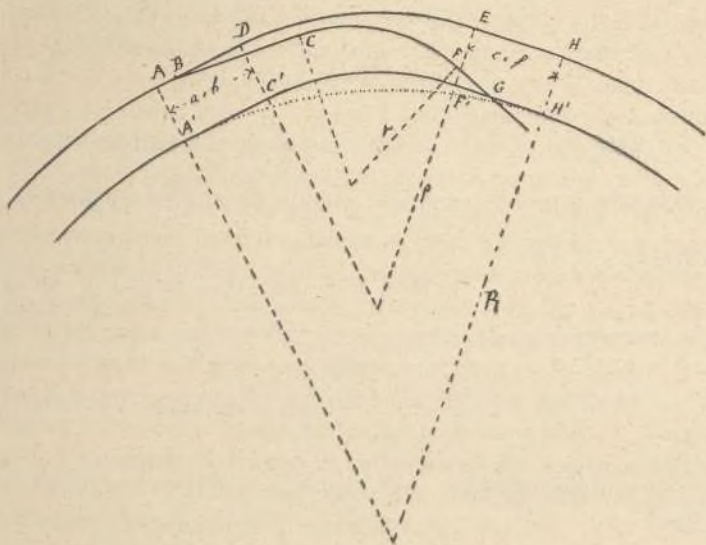


Fig. 9.^a

$= c + f$; de no ser así quedará siempre un exceso de alineación recta del lado de la más corta de estas distancias (ordinariamente $c + f$) é igual á la diferencia entre ambas.

Nada nos impide suponer incorporado este trozo de alineación recta á una de las dimensiones de los aparatos (ordinariamente á c), haciéndose así: $a + b = c + f$, con lo cual podremos aplicar la ecuación (16).

Eliminando X, Y entre las ecuaciones (34) y la (14)

$$\operatorname{tang} \frac{\omega}{2} = \frac{\left\{ \begin{aligned} l \cos \frac{\alpha + \gamma}{2} + (a + f) \operatorname{sen} \frac{\alpha + \gamma}{2} \\ - (b - c) \cos \frac{\alpha - \gamma}{2} \end{aligned} \right.}{\left\{ \begin{aligned} (2R + l) \operatorname{sen} \frac{\alpha + \gamma}{2} + (f - a) \cos \frac{\alpha + \gamma}{2} \\ + (b - c) \operatorname{sen} \frac{\alpha - \gamma}{2} \end{aligned} \right.}}$$

ó bien en virtud de las relaciones (17) (19)

$$2 \operatorname{tang} \frac{\omega}{2} = \frac{\alpha_0 + (a + f)}{R - N}$$

y suponiendo que $2 \operatorname{tang} \frac{\omega}{2} = D + a + f$

$$\frac{\alpha_0 - D}{D + (a + f)} = \frac{-N}{R}$$

la variación relativa es, pues, como en el caso anterior, aproximadamente $\frac{l}{2R}$.

Al valor del desarrollo D (que como vemos difiere muy poco del de un cambio recto) corresponde, según la primera de las ecuaciones (21), el valor máximo de r ; el de ρ es un dato en el caso del enlace por el interior, y en el otro caso se obtendrá de la segunda de las ecuaciones citadas. Pero como tenemos real ó ficticiamente

$$a + b = c + f,$$

las ecuaciones (33) y (34) se verifican al mismo tiempo y tendremos:

$$R - \rho = (a + b) \frac{1}{\operatorname{tang} \frac{\omega}{2}}$$

ecuación que una vez conocido el desarrollo del cambio, y por consiguiente ω , nos determina ρ en función de R .

El valor máximo de r se puede obtener entonces de la relación aproximada

$$r = \rho \frac{\beta}{1 + \beta} = \rho \frac{\operatorname{tang} \omega}{\operatorname{tang} \omega + \operatorname{tang} \alpha - \operatorname{tang} \gamma}$$

que también puede escribirse

$$r = \rho \frac{\omega}{\omega + \alpha - \gamma}$$

lo que equivale á suponer iguales los desarrollos $BCFG$ y $B'C'F'G'$ (figuras 4.^a, 5.^a, 6.^a), cuya diferencia sabemos que es muy pequeña.

A partir de este momento podría tantearse un valor cualquiera de r distinto del máximo, de un modo análogo á lo que se indicó en los cambios rectos; las ecuaciones (24) y (26) nos darían el mínimo de ω , y las (25) y (26) el máximo, compatibles con r .

Pero llegaríamos así á ecuaciones nada sencillas de la forma

$$A \operatorname{sen} \omega + B \cos \omega + C = 0,$$

cuya solución es

$$\operatorname{tang} \frac{\omega}{2} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2 - C^2} - A}{C - B}$$

resultando así cálculos demasiado largos y pesados para un tanteo. Por esta razón, es práctica general adoptar para estos cambios el desarrollo de los rectos; así, si el enlace de la curva primitiva se hace por el interior de los aparatos, tendremos:

$$\omega = \frac{D - (b + c)}{\rho}$$

y las ecuaciones (33) nos darán YX . Si, por el contrario, el enlace se hace por las juntas exteriores de los aparatos,

$$\omega = \frac{D + (a + b)}{R}$$

y las (34) determinarán X ó Y .

También se puede, y la diferencia no es muy grande, identificar D con X , y entonces las ecuaciones (33) ó (34) nos determinarán, según el caso, Y y ω .

Por último, para intercalar un cambio en una vía ya construída, se replanteará sobre el carril la posición de ambos aparatos y en función de X , Y , medidos directamente, las ecuaciones (33) ó (34) nos determinarán ω y ρ ó R .

En todo caso, el resultado final de esta parte del cálculo consiste en la fijación de los tres parámetros ω , X , Y .

VII.—Cálculo definitivo de los cambios curvos.

Hemos visto que la primera parte del cálculo de un cambio curvo tiene por objeto fijar los valores de los parámetros ω , X , Y , que determinan la posición del cruzamiento; comparando las ecuaciones (13), (15) con las (1), vemos que el problema se reduce después á calcular un cambio recto en el cual el ancho de vía es $Y + l$, y el ángulo de cruzamiento $\alpha + \omega$ y después otro en el cual $l = Y$, $\alpha = \omega$, $\gamma = 0$.

Pero la aplicación de las fórmulas de los cambios rectos supone el conocimiento previo de $\text{tang}(\alpha + \omega)$.

De las ecuaciones (13) (15), deducimos fácilmente

$$m = \frac{X \text{sen}(\alpha + \omega) - (l + Y) \cos(\alpha + \omega)}{\text{sen}(\alpha + \omega - Y)}$$

$$n = \frac{(l + Y) \cos \gamma - X \text{sen} \gamma}{\text{sen}(\alpha + \omega - \gamma)}$$

$$m' = X - \frac{Y}{\text{tang} \omega}$$

$$n' = \frac{Y}{\text{sen} \omega}$$

ó bien en el caso de que ω esté determinado por sus líneas trigonométricas

$$m \cos \gamma = \frac{\left\{ \begin{array}{l} X(\text{tang} \alpha + \text{tang} \omega) - (l + Y) \\ (l - \text{tang} \alpha \text{ tang} \omega) \end{array} \right\}}{\text{tang} \alpha + \text{tang} \omega - \text{tang} \gamma + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma}$$

$$n \cos \alpha \cos \omega = \frac{Y + l - X \text{tang} \gamma}{\text{tang} \alpha + \text{tang} \omega - \text{tang} \gamma + \text{tang} \alpha \text{ tang} \omega \text{ tang} \gamma}$$

Si, por el contrario, ω viene dado en partes del radio, deduciremos fácilmente

$$m \cos \gamma = \frac{[X \text{tang} \alpha - (l + Y)] \cos \omega + [X + (l + Y) \text{tang} \alpha] \text{sen} \omega}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

$$n \cos \alpha = \frac{(l + Y) - X \text{tang} \gamma}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

y por otra parte, desarrollando en serie los valores de $\text{sen} \omega$, $\cos \omega$, hasta los términos de tercer grado

$$\text{sen} \omega = \omega - \frac{\omega^3}{6}$$

$$\cos \omega = 1 - \frac{\omega^2}{2}$$

(35)

Por último, si se trata de un cambio en alineación curva enlazado por el interior, podremos, aplicando las ecuaciones (33), escribir directamente

$$m \cos \gamma = \frac{\left\{ \begin{array}{l} (c \text{ tang} \alpha + \rho) \cos \omega - (\rho \text{ tang} \alpha - c) \text{sen} \omega \\ + (b \text{ tang} \alpha - \rho - l) \end{array} \right\}}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

$$n \cos \alpha = \frac{\left\{ \begin{array}{l} -(\rho + c \text{ tang} \gamma) \cos \omega + (c - \rho \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega \\ + (\rho + l - b \text{ tang} \gamma) \end{array} \right\}}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

$$m' = b + \rho \text{ tang} \frac{\omega}{2}$$

$$n' = c + \rho \text{ tang} \frac{\omega}{2}$$

ó bien, si el enlace es por el exterior, y en virtud de las (34)

$$m \cos \gamma = \gamma \frac{\left\{ \begin{array}{l} -(R + l + a \text{ tang} \alpha) \cos \omega + [(R + l) \text{tang} - a] \\ \text{sen} \omega + (R - f \text{ tang} \alpha) \end{array} \right\}}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

$$n \cos \alpha = \frac{\left\{ \begin{array}{l} (f \text{ tang} \gamma - R) \cos \omega - (R \text{ tang} \gamma + f) \text{sen} \omega \\ + (R + l + a \text{ tang} \gamma) \end{array} \right\}}{(\text{tang} \alpha - \text{tang} \gamma) \cos \omega + (1 + \text{tang} \alpha \text{ tang} \gamma) \text{sen} \omega}$$

$$m' = R \text{ tang} \frac{\omega}{2} - a.$$

$$n' = R \text{ tang} \frac{\omega}{2} - f.$$

El resto del cálculo es idéntico al de los cambios rectos; el valor de $\text{tang} \frac{\alpha + \omega - \gamma}{2}$ puede obtenerse aplicando la fórmula

$$\text{tang} \frac{a + b + c}{2} = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{tang} a + \text{tang} b + \text{tang} c - \text{tang} a \\ \text{tang} b \text{ tang} c \end{array} \right\}}{2 + \text{tang}^2 a + \text{tang}^2 b + \text{tang}^2 c - \frac{1}{2}} \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ (\text{tang} a + \text{tang} b + \text{tang} c) \\ (36)^2 \end{array} \right\}$$

que es suficientemente aproximada y evita el empleo de tablas.

VIII.—Representación esquemática.

Si en el cambio recto (fig. 3.^a) trazamos los ejes de las vías MP y MS siendo M el punto común de los ejes situado en la línea de las puntas de las agujas; P , S las proyecciones de la punta del cruzamiento sobre cada uno de ellos, y N el punto de concurso después de la desviación, encontraremos fácilmente:

$$NS = NP = \frac{l}{2 \text{ tang} \frac{\alpha}{2}}$$

y teniendo en cuenta que MP es el desarrollo del cambio

$$MN = D - \frac{l}{2 \text{ tang} \frac{\alpha}{2}}$$

ANTONIO PRIETO Y VIVES.

(Concluirá.)

PANTANO DE GUADALCACÍN

Conferencia dada en el Círculo Liberal de Cádiz por D. Pedro González Quijano, Ingeniero de Caminos, Director de las obras.—(Conclusión.)

Desgraciadamente, el descenso fué tan rápido, como rápida había sido la subida, y al deshacerse muchas ilusiones con sobrada ligereza concebidas, se hacía preciso buscar nuevas orientaciones que vinieran á compensar las pérdidas experimentadas.

Entretanto, la idea del pantano y de los riegos seguía apasionando á muchos jerezanos amantes de su pueblo. En 1901, mi querido amigo y compañero el Sr. Gallegos, á quien aquí mismo escuchásteis no ha muchas noches, en una conferencia pronunciada en el Ateneo sobre las obras públicas en Jerez, volvió á llamar la atención sobre el mismo tema, ponderando las ventajas que para la riqueza pública pudieran deducirse de la realización de obra tan importante.

Estas aspiraciones llegaron á tener eco en las esferas del Gobierno. Desempeñaba por entonces la cartera de Estado un jerezano ilustre, el Sr. Duque de Almodóvar del Río, y una Comisión de las Cámaras de Jerez llegaba á la Corte para gestionar reformas en la contribución industrial, en los momentos en que aquella población se hallaba hondamente preocupada con una de esas frecuentes exacerbaciones del problema de la miseria, en las que los impulsos del hambre conducen á los límites de la violencia. Los sucesos de Jerez eran tema obligado de muchas conversaciones en las repetidas entrevistas de los comisionados con el Ministro, y en una de ellas éste hubo de indicar que la verdadera solución del problema, recientemente agravado por la invasión filoxérica, podría encontrarse en la construcción del pantano de que varias veces se ha hablado, y que él desde luego prestaría á la idea todo su apoyo é influencia, si es que encontraba en la opinión favorable acogida.

No fueron perdidas estas indicaciones, pues á su vuelta de Madrid, los comisionados repitieron lo oído, y la idea se abrió rápidamente paso, convirtiéndose en poco tiempo en la aspiración unánime de todo un pueblo. Inicióse una ardiente campaña en su favor en la prensa local, y se celebró el día 23 de Junio de 1901 un imponente mitin, en el que tuvieron representación todas las clases sociales con el Ayuntamiento á la cabeza, y al que prestaron su cooperación todos los partidos políticos.

Alma de aquella campaña fué mi querido amigo D. Amalfo Sáiz de Bustamante que, con su brillante pluma y elocuente palabra, infundió en todos los espíritus el entusiasmo de que se encontraba poseído por la obra redentora.

Del mitin salió nombrada una Comisión que, en representación de Jerez, debía recabar de los Poderes públicos la construcción de la anhelada obra, y que volvió en breve de la Corte, después de conseguir que se ordenara el inmediato principio de los estudios, para la realización de los cuales tuve la honra de ser designado.

Al año siguiente estaba terminado el proyecto, y sólo faltaba efectuar sondeos en el sitio donde había de construirse la presa para poder decidir acerca de la posibilidad y eficacia de la obra.

En tramitación se encontraba el expediente para la contratación de este servicio, cuando el Sr. Gasset, que á la sazón había emprendido algunos viajes de propaganda hidráulica fué invitado á un nuevo mitin, en el que Jerez había de insistir de nuevo en sus demandas en favor de la obra que constituía su ideal más querido.

El nuevo mitin tuvo lugar el domingo de Resurrección del año 1903, y en él el Sr. Gasset hizo la solemne promesa de contribuir con todas sus energías á la realización de la obra por que suspiraba Jerez, promesa que trató de cumplir, cuando á los pocos meses entraba de nuevo en el Ministerio de Agricultura, activando el expediente de información pública y ordenando la

práctica inmediata de los sondeos, que se llevaron á efecto con éxito satisfactorio.

Entonces se hubiera dado también el paso decisivo de inaugurar las obras, si las buenas disposiciones del Ministro hubieran encontrado el concurso económico que solicitaba de los propietarios de las tierras á que había de extenderse el regadío. El problema no había sido aún estudiado por ellos desde este punto de vista, y la favorable coyuntura pasó con la lamentable rapidez con que pasan nuestras situaciones políticas.

Por la misma época se presentaron nuevas soluciones para la construcción de la obra, entre las que citaremos el proyecto de D. Tomás Díez, que proponía la formación de una Sociedad constructora, cuyo capital se había de reunir parte por acciones y parte por obligaciones con la garantía hipotecaria de las tierras, resarcíndose de los desembolsos mediante un canon progresivo, y el del Sr. Sáiz de Bustamante, que abogaba por la construcción por el Ayuntamiento, siempre que los propietarios le cedieran, una vez llegada el agua á las fincas, la mitad de las tierras, que el Ayuntamiento había de distribuir en pequeñas parcelas entre numerosos colonos, que llegarían á ser propietarios bajo determinadas condiciones.

Ni uno ni otro proyecto obtuvieron la aprobación de los propietarios. Les repugnaba el desprenderse de sus tierras, pero al mismo tiempo retrocedían ante la cuantía de los desembolsos que tuvieran que hacer, á lo que contribuía, y no poco, la extensión de sus propiedades.

Entonces empezó á dudarse de la viabilidad práctica de la obra y no faltaron quienes, viendo en los propietarios el obstáculo único que se oponía á la realización de la empresa, abogaran por la expropiación forzosa de los terrenos regables, mediante la declaración de la utilidad pública del riego.

En este estado las cosas, una feliz iniciativa vino á cambiar el aspecto del asunto, poniendo término á la indecisión de los propietarios, que se decidieron al fin á prestar á la empresa la cooperación que hasta entonces le habían negado. Corresponde el honor de esta iniciativa al Sr. Marqués de los Álamos del Guadalete, que en unión del Sr. Marqués de Campo Real tomaron sobre sí el no fácil, ni en ocasiones grato, trabajo de aunar voluntades. Auxiliados eficazmente en sus gestiones por D. Fernando García Gil, de grata memoria, entonces Presidente de la Cámara Agrícola y propietario importante de la zona, y por don Julio González Hontoria, alcalde de Jerez á la sazón, se consiguió al fin que reunidos en las Casas Consistoriales, en los primeros días del año 1906, la mayoría de los propietarios ofreciera al Gobierno contribuir al costo de las obras en la proporción que determinaban las disposiciones y antecedentes legales.

No esperaba otra cosa el Sr. Gasset, que desde hace pocos días desempeñaba de nuevo la cartera de Fomento, y el día 10 de Enero se expidió el Real decreto de concesión del Pantano, cuyas obras se inauguraban el 15 de Febrero siguiente.

Historiadas sucintamente las vicisitudes por que ha pasado la idea hasta entrar en el período de práctica realización, pasaremos á ocuparnos de la materialidad de las obras, explicando en qué consisten y el estado en que se encuentran.

El mapa que aquí veis presenta á nuestra vista el relieve de la provincia, señalando las alturas crecientes por el tono cada vez más subido de las tintas. Como en él fácilmente se observa, los puntos culminantes de este relieve corresponden al gran macizo jurásico donde está situada Grazalema, que está constituido por las sierras del Pinar, del Endrinal y de Líbar, en la primera de las cuales llega á elevarse el terreno hasta 1.650 metros sobre el nivel del mar en el peñón de San Cristóbal, que es la primera tierra que divisan los buques al acercarse á las costas gaditanas.

Desde estas elevadas cumbres el terreno desciende en todos sentidos aunque irradiando estribaciones que, dirigidas en general hacia el O., se inclinan más ó menos al N. ó al S. Tales son las sierras de Lijar y del Jaral en las inmediaciones de Algodonales; la sierra de la Espuela entre Prado del Rey y El

Bosque, y la sierra de la Gallina, que se dirige hacia el Pico del Algibe, en cuyas proximidades vuelve á elevarse el terreno, que alcanza en el mismo Pico una altitud de 1.093 metros. Á partir de aquí el terreno desciende de nuevo, manteniéndose, sin embargo, por encima de 200 metros, y aun de 300, en muchos puntos, según dos direcciones principales, la primera próximamente hacia el O., señalada principalmente por las sierras de las Cabras y del Valle, avanza hasta el N. de Paterna, y la otra que se inclina al S. E., marcha hacia la bahía de Algeciras, perdiendo altura rápidamente en las inmediaciones de Castellar.

Fuera de estos dos importantes macizos que por su importancia y agrupación son los que dan carácter á la orografía de la provincia, deben citarse también algunas lomas y sierras más ó menos aisladas, de las cuales son las más importantes en el S. las sierras del Retín, Zanona y de la Luna, la última de las cuales se eleva hasta cerca de 800 metros sobre el mar, cuya inmediata proximidad contribuye á realzar su relieve. Por el N. las alturas más importantes, separadas del macizo principal antes citado por el valle del Guadalete, son las que por aquella parte constituyen la divisoria de dicho río y del Guadalquivir, que tiene su punto más elevado en la sierra de Gibalbín á 412 metros de altitud y que pronto se deprime, aunque se prolongue todavía por una serie de cerros y colinas, que mueren á la vista del mar, después de haber alcanzado alguna aunque escasa importancia en la sierra de San Cristóbal en las inmediaciones del Puerto de Santa María.

El relieve del suelo determina la dirección y el caudal de las principales corrientes de agua. Las vertientes orientales de los dos grandes macizos que hace un momento os citaba arrojan sus aguas hacia la provincia de Málaga y van á engrosar el caudal del río Guadiaro, que no corresponde á la nuestra sino en su curso inferior é inmediato ya á la desembocadura. Por el NE. y N. las aguas van todas á parar al Guadalete, cuyo origen se fija comúnmente en las inmediaciones de Grazalema; por el O. hasta el Pico del Algibe y al N. de la estribación occidental que antes señalábamos corren hacia el Majaceite ó Guadalcaacín, afluente el más importante de aquél, y hacia el S. afluyen á los ríos y arroyos que contribuyen á inundar la depresión de la Janda, que encuentra su desagüe por el río Barbate, el antiguo Guadi-Becca, en cuyas orillas localiza la erudición moderna la luctuosa batalla que dió fin al imperio de los godos y abrió las puertas de España al invasor agareno.

Las sierras meridionales limitan también reducidas cuencas, de las que son las más importantes las de los ríos Guadarranque y de las Cañas, que van á verter las aguas en la bahía de Algeciras.

No existen aforos suficientemente precisos de la mayoría de estas corrientes, pero se puede formar idea aproximada del volumen que anualmente podrían suministrar por el de la lluvia que reciben sus cuencas. He dicho ya que la altura media anual de ésta es próximamente, en San Fernando, de 700 milímetros. Inferior en algunos puntos de la costa, esta cifra se eleva en el interior de la provincia, especialmente en la región montañosa, pero ya he indicado también las irregulares variaciones á que se encuentra sujeta. En los últimos seis años que han sido bastante secos, y alguno de ellos en grado superlativo, el término medio de la lluvia anual en San Fernando, considerando el año meteorológico de Septiembre á Septiembre, ha sido tan sólo de 471,5 milímetros, y en la misma época se han recogido en la Granja Instituto de Agricultura de Jerez 592,1 y 729,1 en el pluviómetro que la Sociedad de abastecimiento de aguas tiene establecido en los manantiales de Tempul; es decir, que en este último punto las precipitaciones han sido, por término medio, superiores en un 55 por 100 á las recogidas en San Fernando, aunque esta relación tampoco es muy constante, y ha descendido al 21 por 100 en el año extraordinariamente seco de 1906 á 1907. Admitiendo una altura mínima de 400 milímetros, contando sólo con 3.000 kilómetros cuadrados de los 7.276 que mide la provincia, prescindiendo del resto por tratarse de terrenos bajos donde sería

más difícil el establecimiento de obras de embalse y suponiendo que sólo la cuarta parte llegara á los cauces, perdido el resto entre la evaporación y las filtraciones, todavía, á pesar de hipótesis tan desfavorables, sería posible recoger 300 millones de metros cúbicos, con los cuales podrían regarse, aun descontando pérdidas ulteriores, más de 30.000 hectáreas.

Á poco más de 6.000 ascienden las regadas hoy, la mayor parte de las cuales lo son de un modo muy deficiente, de suerte que cabría muy bien quintuplicar la cifra. El pantano del Guadalcaacín deberá regar en su día 10.000 más, y en 8 ó 9.000 se calculan las que podrán obtener este beneficio mediante la construcción de los pantanos de la angostura de Bornos sobre el Guadalete, de los Tajos del Águila sobre su afluente el Sarra-cín y el de los Juncuales, que se proyecta también sobre el río principal, no lejos de Algodonales. Queda todavía espacio para otros proyectos que aumenten la superficie regada y aseguren el riego eficaz de la existente.

Vemos, pues, que los riegos del Majaceite ó Guadalcaacín han de ser por sí solos más de vez y media más extensos que todos los actualmente establecidos en la provincia y próximamente la tercera parte de todos los que en bastante tiempo podrían establecerse.

Alimentaría á estos riegos la corriente del Majaceite, río que recibe sus aguas de los del Bosque y de Ubrique, y que tiene una de las fuentes más permanentes de su caudal de estiaje en los manantiales de Benamahoma.

Una vez formado, enriquece su caudal con el tributo de varios afluentes, de los que son los más importantes por la orilla derecha el arroyo de Peñalpargata y las gargantas del Rozalejo y Mazorcan, y por la izquierda las del Astillero, del Caballo y de Bogas, procedente esta última de la Boca de la Foz, estrecho desfiladero á través del cual emprendiera su marcha hacia Écija el vencedor ejército de Tarik en persecución de las derrotadas huestes de D. Rodrigo. Después de un recorrido total de unos 50 kilómetros, el río vierte sus aguas en el Guadalete en las inmediaciones de la Pedrosa y en el sitio que por ello recibe el nombre de Junta de los ríos.

Unos 8 kilómetros por encima de la desembocadura se encuentra la Angostura de Arcos, donde el río se abre un estrecho paso entre las sierras Vallejas y de Guillén, que elevan sus cumbres más de 100 metros sobre el valle. Esta angostura de 400 metros de longitud presenta á su entrada un fuerte macizo rocoso que corresponde á la parte más estrecha del cauce, cuyo ancho es allí sólo de 15 á 20 metros, ensanchándose bastante más en el resto, como puede verse por las expuestas fotografías que están tomadas mirando ambas hacia aguas abajo la primera, por delante, y la segunda después de pasado el macizo de referencia. (Aquí el conferenciante efectúa una proyección.)

Aguas arriba de la Angostura las laderas se apartan considerablemente, dejando entre ellas las amplias vegas del Higueral y de Elvira, que miden en su parte más ancha hasta unos 2 kilómetros, y que se prolongan por otras menos importantes y más altas hasta el cañón de Tempul.

El sitio es, pues, el indicado para el establecimiento de un pantano: la cerrada, permitiendo sin exagerado gasto la construcción de la presa que ha de cortar la corriente, las vegas donde el agua puede embalsarse y el río que ha de suministrar el caudal constituyen en efecto los elementos necesarios. ¿Quién sabe si al utilizarlos no hacemos otra cosa sino restaurar en su primitivo estado la obra de la Naturaleza? El aspecto de los lugares evoca en nuestro espíritu la imagen de algún antiguo lago que en época remota ocupara aquellas vegas y que desaguara sus crecidas por encima del umbral rocoso que debía unir entonces las dos sierras. Espumosa cascada de más de 20 metros de altura debió ir socavando lentamente el pie del macizo, profundizando el cauce y haciendo retroceder el umbral cada vez que nuevos bloques, faltos de base y constantemente corridos por la acción del agua, rodaban hasta el fondo. Al fin, después de un trabajo muchas veces secular, el vertedero des-

aparece y la laguna se desagua y el río rellena en gran parte con los acarrees que conduce en sus crecidas la profunda hendidura que primero practicara y que ya falto de velocidad no puede barrer por completo.

Cuando este verano se practicaban las excavaciones para la cimentación de la presa, esta hipótesis parecía confirmada por la forma de las paredes rocosas que se iban descubriendo, en las que se veían socavones de forma semicircular en planta de superficie lisa, probablemente pulimentada por el roce de las arenas en suspensión en el agua y en cuyo fondo, á profundidades de hasta 14 metros por debajo de la superficie, no era raro encontrar piedras casi rigurosamente esféricas, que debían quizás su forma á sus constantes rozamientos, aprisionadas en los remolinos que la caída del agua produjera.

Allí se encontraban también grandes peñones, algunos de varios metros cúbicos de volumen, que era preciso fraccionar á fuerza de barrenos para poder extraerlos, y que serían probablemente los restos del antiguo dique, y mezclados con ellos fangos y arenas seguramente de origen más reciente, con los que el río trataba en parte de enmendar su obra, como pesaroso y avergonzado de haber destruído aquella cascada que constituía en otro tiempo la nota dominante de la belleza del paisaje.

La presa que anualmente se construye deberá elevarse unos 29 metros por encima del actual nivel del río y producir un embalse útil de 76 millones y medio de metros cúbicos, inundando una zona de cerca de 800 hectáreas. Difficil es formarse idea de tan enorme volumen, si no se recurre á algunas comparaciones que nos le hagan más familiar, Jerez necesita para su consumo unos 8.000 metros cúbicos de agua; pues bien, el pantano, una vez lleno, podía satisfacer á esta necesidad durante veintiséis años. Si se hubieran ido acumulando allí cantidades de vino iguales á las que Jerez exporta anualmente (unas 40.000 botas, ó sean 20.000 metros cúbicos), sería preciso remontar para haberlo visto lleno á los tiempos en que Noé inventó la viña. Algún pequeño exceso habría si se hubiera de respetar escrupulosamente las fechas, la responsabilidad de las cuales dejó recaer íntegra sobre la conciencia del padre Petavio, pero en nuestro país y en tanto tiempo no habrían faltado aficionados que enjugaran el error.

Y esta enorme cantidad de agua ¿podrá ser suministrada por el río? La extensión de la cuenca receptora por encima de la angostura, cuyos límites se marcan de rojo en el plano, asciende á 600 kilómetros cuadrados y está compuesta de terrenos altos, entre los que se encuentran las cimas más elevadas de la provincia. No es probable que en la inmensa mayoría de los años la altura de la lluvia descienda de 500 milímetros, lo que supondría una caída total de 300 millones de metros cúbicos.

Ahora bien; las pendientes del terreno son grandes y éste en gran parte muy poco permeable; no parece, pues, que deban ser muchas las pérdidas por filtración, ni que el agua permanezca mucho tiempo donde la evaporación la consume; la parte que llegue al cauce debe ser bastante considerable; pero aunque sólo llegara la cuarta parte próximamente, con ella habría bastante para llenar el pantano. En el último año, á pesar de la extraordinaria sequía que hubo de caracterizarle y á causa de la cual sólo se recogieron en Tempul 480 milímetros de agua, discurren por el cauce poco más de 80 millones, volumen, como veis, superior al necesario.

Pero quizás me preguntéis ahora por qué, si el río puede dar más agua, no se eleva más la presa, aumentando así el embalse. La razón es que si la altura que se le da es la conveniente para que pueda abrigarse la fundada esperanza de que el pantano se llene todos los años, al aumentarla se correrá el peligro de que ya no sucediera así, como lo demuestra el ejemplo del año pasado, en que el exceso fué relativamente de poca consideración.

Tratándose de un regadío nuevo, en el que hay que crearlo todo, parece natural limitarse al aprovechamiento más seguro y no preparar tierras ni emplear capitales que sólo se habían de

ver cumplidamente recompensados en los años abundantes; pero en previsión de los desarrollos cuya conveniencia demostrará el porvenir, la presa se construye con espesores suficientes para que en su día pudiera recrecerse en otros 2 metros, con lo que el embalse se elevaría por encima de 90 millones.

Las aguas embalsadas deberán distribuirse por medio de varios canales sobre una superficie regable de poco más de 12.000 hectáreas, de las cuales se supone que pueda haber 10.000 de riego efectivo, incluyendo en el resto las tierras de mala calidad ó destinadas á otros usos. La zona se presenta ya á la salida misma de la Angostura en forma de estrecha faja que se desarrolla á uno y otro lado del río. Al llegar á la confluencia, la zona de la derecha, que ha adquirido ya cierta extensión en el Drago y la Pedrosa, se continúa por la orilla izquierda del Guadalete hasta las vegas de Coviches quedando también bajo el plano del riego las que se encuentran en la confrontación de las mismas sobre la margen derecha. Pasada la Junta de los ríos, las vegas toman ya importancia considerable sobre ambas márgenes, correspondiendo en la de la derecha el mayor ancho en las inmediaciones de la Florida y del Torno y en la de la izquierda á los llanos de Aina, situados al final de la zona y lindando con los terrenos de la Azucarera jerezana. Finalmente, separados del resto por una serie de cerros y mesetas, cuyos puntos culminantes se encuentran en Cuartillos, en Alcántara y en Vico, son, sin embargo, susceptibles también de ser regados los llanos de Caulina, que miden ellos solos cerca de 5.000 hectáreas.

Para el riego de esta zona se proyectan los canales principales que se señalan en el plano con líneas rojas. Parte el más importante de la Angostura misma, siguiendo la margen izquierda, y después de entregar al sifón que deberá conducirle á la otra margen el caudal que haya de alimentar al secundario encargado del riego de la zona comprendida entre ambos ríos, llega á la confluencia, donde se bifurca en dos: el más caudaloso atraviesa el Guadalete mediante un sifón, y el otro continúa desarrollándose por las laderas de la izquierda, hasta los llanos de Aina y vertiendo los sobrantes en el arroyo de Bocanegra.

Á la salida del sifón el canal de la derecha se aproxima á la carretera de Gédula á la Junta de los ríos, y al llegar al arroyo de los Charcos se divide de nuevo, marchando un ramal á regar las vegas del río y siguiendo otro en dirección á Gédula, remontando el arroyo de este nombre en trinchera cada vez más profunda, hasta internarse al fin en túnel por debajo de Gédulilla, para reaparecer de nuevo á cielo abierto en el arroyo de Montecorto, cuyo curso sigue hasta llegar á la vista de los llanos de Caulina, á los cuales rodea después de haber dejado derivar dos ramales más, uno de los cuales limita los llanos por el E., mientras el otro deberá regar la zona del centro separada del resto por los arroyos del Rano y Salado.

Expuesta ya la idea general de las obras, sin descender á detalles para los cuales me faltaría el tiempo, aunque os sobrara la paciencia, diré cuatro palabras acerca de su estado actual. Inauguradas en 15 de Febrero de 1906, se empezó la perforación del túnel de fondo, que en su día deberá servir para vaciar y limpiar el pantano, y durante la construcción para dar desagüe al río y poder trabajar en el cauce. El trabajo marchaba despacio por la dureza de la roca y por la necesidad de atacarla solamente por la boca de aguas abajo, pues la de aguas arriba se encontraba entre los caseríos de un molino no expropiado todavía. Al fin consiguióse de la dueña la competente autorización, y avanzando por las dos bocas, fué posible á mediados de Agosto desviar el curso del río.

Entre tanto se habían construído dos atagüas de piedra y tierra con objeto de aislar en el cauce el sitio donde debía construirse la cimentación de la presa. Las de aguas arriba no ofreció dificultad alguna, pues allí el cauce era poco profundo; pero aguas abajo se tenía hasta cerca de 4 metros de agua, y fué preciso darle grandes dimensiones para que pudiera resistir el empuje del líquido y reducir las filtraciones que de otro modo se producirían á través de su masa.

Efectuóse al fin el agotamiento, empezando á quedar en seco el fondo del cauce, del que se iban extrayendo los acarreos que lo ocupaban. La operación no dejaba de presentar dificultades procedentes en su mayoría de la presencia de los grandes bloques, que se mezclaban con los acarreos más menudos, y que cuando aparecían por debajo del chupón de la bomba impedían la excavación por debajo de él y con ella el descenso del nivel general del charco, lo que obligaba á cambios de situación en la bomba con la consiguiente pérdida de tiempo.

Con esto la estación avanzaba y, ante la inminencia de las lluvias, se corría el peligro de que á la primera avenida el río arrastrara las ataguías de tierra, inutilizando todo lo hecho. Para evitarlo, se las sustituyó con otras de fábrica, de las cuales la de aguas arriba fué posible construirla sobre roca firme ya descubierta de aquel lado; pero las de agua abajo fué forzoso cimentarlas sobre los acarreos del río, á los que todavía por allí no se les veía término.

Tan oportuna fué la construcción de estas ataguías que, no bien terminadas, en los principios de Noviembre, una considerable avenida que hizo crecer al río 3,80 metros sobre su nivel ordinario, cubrió las obras, produciendo grandes socavaciones en las ataguías de tierras, pero dejando intactas las de fábrica.

Suspendiéronse con esto las obras en el cauce, cuya continuación no permitía el estado del río, que llevó por bastante tiempo mayor caudal del que el túnel de derivación podía desaguar. Las dimensiones de éste eran, en efecto, las suficientes para dar paso á la corriente natural del río y aun á las avenidas pequeñas, pero no podían bastar en las grandes crecidas, donde con frecuencia sube el caudal hasta 100 metros cúbicos por segundo, cifra que, aunque excepcionalmente, llega á sextuplicarse, sin haberle dado proporciones que hubieran exagerado su costo y debilitado la ladera en el punto mismo donde debía servir de estribo á la presa.

Pero aunque interrumpidas las obras en el cauce, no por eso se pararon en absoluto, sino que continuaron fuera, terminándose el camino que había de utilizarse para la conducción de materiales, construyéndose la casa administración y varios pabellones para el alojamiento de obreros y para almacenes, y empezándose la perforación del túnel de toma de aguas situado sobre la ladera izquierda á unos 12 metros por encima del nivel ordinario del río.

La altura de la toma tiene por objeto el dominar la mayor superficie posible, y aunque de este modo no puedan emplearse en el riego las aguas que quedan por debajo de ella, la pérdida no es de importancia, pues su volumen es sólo de 6 millones de metros cúbicos, y esa es precisamente la cantidad que se reservaba anualmente para las limpias del pantano, con lo cual tampoco había de ser aprovechada.

En la fotografía que veis se muestra el estado de las obras en la primavera de 1907. En ella aparecen los túneles y se ha marcado también para mejor fijar las ideas la altura que deberá tener la presa. En esta otra se ve la ladera de Sierra Vallejas y la casa-administración con la terminación del camino de servicio. Se encuentra á unos 10 metros por encima del embalse y en sitio desde donde se divisa la presa y una buena longitud del río.

El túnel de fondo tiene metro y medio de ancho y poco más de 2 metros de altura, pudiendo desaguar á boca llena de 4 á 5 metros cúbicos por segundo y, con muy poca altura de agua, los 400 ó 500 litros que escasamente lleva el río en el verano. Las dimensiones del de toma son bastante mayores, como es fácil apreciar por la figura que acompaña á la fotografía. Su ancho es de 2,50 metros y su altura bajo la clave de 3,25.

En la primavera de 1907 fué ya posible reanudar los trabajos en el río, y entonces se dispusieron los elementos necesarios para poder terminar en la campaña que se preparaba la extracción de acarreos y proceder á la cimentación, sin lo cual las avenidas otoñales podrían cegar de nuevo las excavaciones, inutilizando una gran parte del trabajo que se realizara.

Procedióse, pues, de nuevo al agotamiento, en el que se utili-

zaba la bomba representada por la fotografía, que recibía su movimiento de una locomóvil colocada delante del cuadro, á cuyo volante iba á arrollarse la correa que avanza hacia el primer término. En seco el cauce, continuóse la excavación, empleando en ella el mayor número de operarios posible y, á medida que avanzaba el verano, y con él la mayor duración del día, la del trabajo se aumentó también, llegándose ya en el mes de Julio á hacerlo constante durante las veinticuatro horas, mediante la formación de tres turnos, de los cuales el de noche trabajaba alumbrado con lámparas de acetileno.

A medida que la excavación iba dejando descubierta la roca, y después de preparada ésta para el mejor enlace en las mamposterías, se procedía á la construcción del cimiento en todos aquellos sitios en que podía hacerse en extensión suficiente. De este modo, en esos tres meses que la intensidad del trabajo ha convertido en nueve, ha sido posible terminar por completo la excavación que, como ya antes se ha dicho, ha debido alcanzar en algunos sitios profundidades hasta de 14 metros y llegar con las mamposterías hasta flor de agua.

Del desarrollo del trabajo pueden dar idea las fotografías que voy á exponer. Representa la primera el aspecto del charco comprendido entre las dos ataguías de fábrica, antes del completo agotamiento y después de haber subido el nivel del agua en su interior á consecuencia de una parada de la bomba en uno de sus frecuentes cambios de posición. La vista está tomada desde aguas arriba y en el fondo se ve la ataguía de aguas abajo y la instalación de la bomba. Otra vista está tomada desde el lado opuesto y desde ella puede verse la otra ataguía.

La que se presenta ahora da á conocer el estado de la excavación á principios de Julio, y se ha obtenido mirando hacia aguas abajo. Ya se ven allí algunas mamposterías construídas, aunque por lo general la excavación continúa en casi todo el recinto, donde aún no se había llegado á la roca firme. En el mismo día y desde opuesto lado se obtuvo esta otra fotografía, en la que pueden verse, como también en la primera, alguno de los grandes bloques á que antes he hecho referencia.

Por último, otras dos vistas representan las mamposterías construídas en uno de los últimos días de la campaña. La primera da frente á la máquina que ya no funciona, y la segunda que está tomada del lado de ésta y hace ver ya un trozo del paramento anterior de la presa, la cual tiene á este nivel un ancho de cerca de 30 metros, ancho que irá decreciendo con la altura y que acercándose á 35 en el fondo del cimiento quedará reducido en la coronación á solos 4 metros. (El Sr. González acompaña con proyecciones su disertación.)

Ya en el mes de Octubre las pertinaces lluvias, que casi sin interrupción se han sucedido, obligaron á suspender el trabajo, que no se podrá reanudar hasta que el tiempo mejore y el río recobre de un modo algo permanente su caudal ordinario. Se continuará entonces la construcción de la presa, que al salir del agua podrá elevarse con una mayor rapidez de la que permiten las dificultades y delicadeza de los trabajos de cimentación, trabajos tanto más ingratos, cuanto que ocultos por la obra misma quedan completamente desconocidos para el espectador que ve sólo la obra terminada.

Probable será que la del pantano quede concluída para el año próximo; pronto empezará también la construcción de los canales y no pasarán ya muchos años sin que las aguas del Guadalquivir empiecen á repartir por la amplia zona que las espera sedienta la vivificante humedad que ha de convertirlas á un cultivo intenso y progresivo.

Aquella tierra que ha sido regada con la sangre de opuestas razas que se disputaron su dominio y con el sudor de innúmeras generaciones que cultivaron su suelo, lo será al fin con esas aguas que han de hacerla rica y fecunda.

Pero para que la transformación se opere no basta que las obras se construyan. Será preciso que las tierras se preparen para recibir el agua y para darle salida, que los riegos se apliquen con oportunidad y tino por una población inteligente, que

presida el acierto en la elección de los cultivos, que los abonos sean los más convenientes en calidad y en cantidad, dada la naturaleza de las tierras, del agua y de las plantas, que los productos encuentren una fácil salida y un precio remunerador, cuestiones todas que exigen un estudio detenido y asiduo y que he de limitarme á citar, pues bastante he abusado ya de vuestra indulgencia.

Es claro que todo ello demandará inversión de capitales, corrientes colonizadoras y, sobre todo, un acuerdo perfecto entre todos los factores que han de concurrir al éxito de la empresa, pero, afortunadamente, el cultivo de regadío, por sus abundantes y seguros rendimientos, se presta de modo admirable á dar satisfacción á las razonables aspiraciones de todos.

De esperar es, pues, que no hayan de presentarse en el desarrollo de la empresa obstáculos insuperables y que el riago se implantará al fin, en plazo no muy largo, en la extensa zona, aumentando de un modo considerable la prosperidad de la co-

marca, y sirviendo de ejemplo para el establecimiento de empresas análogas, que podrían llevar sus beneficios á otros puntos de la provincia.

Cuando, de este modo, el regadío se extienda en la medida que los recursos de la región lo consienten, cuando al mismo tiempo se llevan al secano las más perfeccionadas prácticas culturales que los modernos adelantos agrícolas reclaman, cuando á los rendimientos del cultivo se agreguen los de la explotación de las riquezas del subsuelo, cuando la abundancia de los productos proporcione á la vida el necesario pábulo y á la industria numerosas primeras materias y al comercio enorme masa de valiosas mercancías, el bienestar se difundirá por todas las clases y la sociedad se asentará sobre el incommovible cimiento de la armonía de todos los intereses. Entonces y sólo entonces será esta tierra bendita la mansión de la alegría, de la riqueza y de la vida.

He dicho.

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Puentes de fábrica de muchos arcos.—Cálculos

Es sabido que el método gráfico del profesor Ritter, que constituye una ingeniosa aplicación de la elipse de elasticidad, permite determinar de una manera rigurosa la repartición de los esfuerzos en los sistemas hiperestáticos que resultan de la combinación de bóvedas y de pilas de formas cualesquiera. No obstante su sencillez relativa, el método de Ritter es todavía demasiado laborioso para que pueda ser de un uso corriente, y he aquí por qué la mayoría de los constructores continúan aplicando un método aproximado, basado en las dos hipótesis siguientes:

Cálculo de bóvedas.—Cada bóveda se apoya sobre planos fijos.

Cálculo de pilas.—Cada pila debe resistir solamente á la resultante de los empujes de las bóvedas adyacentes, calculadas según la primera hipótesis.

La fijeza de los planos de apoyo de las bóvedas puede admitirse para una obra que no contenga más que bóvedas idénticas é igualmente cargadas, pero no es lo mismo, *a priori* al menos, para todos los demás casos. Cada bóveda se apoya, en efecto, en cada una de sus extremidades sobre un plano común á una pila y á otra bóveda, ambas á dos elásticas, cuyas deformaciones influyen sobre la repartición de los esfuerzos.

En cuanto á la segunda hipótesis, que por otra parte no se concilia bien con la primera, sería exacta si las dos bóvedas adyacentes á una pila estuvieran provistas cada una de una triple articulación, porque entonces sus empujes serían independientes de los movimientos elásticos del vértice de las pilas; pero la continuidad de las bóvedas hace esta hipótesis inadmisibles.

En suma: las dos hipótesis generalmente admitidas en el cálculo de los puentes de fábrica de muchos arcos, conducen á esfuerzos inferiores en las bóvedas y superiores en las pilas á los esfuerzos reales. El hecho de que numerosas obras hayan sido calculadas de esta manera, no permite admitir la conclusión de que tal procedimiento sea exacto. Importa observar, sin embargo, que en la casi totalidad de los puentes de fábrica la sobrecarga es de importancia relativamente pequeña con relación á la carga permanente, y como en el caso más general de las bóvedas idénticas, la hipótesis de la fijeza de los planos de apoyo es rigurosa, por lo que concierne á la carga permanente, los errores cometidos en la evaluación de los esfuerzos debidos á la sobrecarga no afectan grandemente los resultados totales.

Ahora bien; la ligereza cada día mayor que los constructores intentan realizar en los puentes de arco, principalmente por el empleo del hormigón armado, tiende á hacer desaparecer la preponderancia de la carga permanente sobre las sobrecargas, así como sus ventajas desde el punto de vista de la sencillez de los cálculos.

En el *Genie Civil* del 15 de Agosto de 1908 encontramos una nota muy interesante de M. Lossier, el cual se ha propuesto investigar, adoptando como base los resultados de la teoría de Ritter, el grado de exactitud al cual conduce el método ordinario en algunos casos de la práctica.

El autor considera los cinco tipos de obra siguientes:

1. Bóveda empotrada sobre planos fijos.
2. Puente de tres tramos sobre pilas de 20 metros de altura.
3. Puente de tres tramos sobre pilas de 50 metros de altura.
4. Puente de cinco tramos sobre pilas de 20 metros de altura.
5. Puente de cinco tramos sobre pilas de 50 metros de altura.

Las pilas tienen: 5,20 metros de espesor al nivel del centro del intradós, 8,40 de anchura, 6,30 metros de espesor á 20 metros por debajo, 9,45 metros de espesor y 14,90 metros de anchura á 50 metros por debajo.

Las bóvedas tienen: 8,40 metros de anchura, 1,30 metros de espesor en la clave, 2,60 metros de espesor en los arranques y 12,915 metros de radio de intradós.

Los apoyos sobre los estribos se suponen fijos para todos los tipos, y el autor ha admitido que la bóveda central de cada obra está sometida á la acción de una sobrecarga uniformemente repartida sobre la horizontal. En este supuesto, ha determinado los esfuerzos engendrados por esta sobrecarga en las bóvedas y las pilas de los cinco puentes considerados, aplicando tanto el método ordinario como el método de Ritter.

En los cálculos se ha supuesto, además, que las bóvedas podrían deformarse libremente y que todas las secciones son homogéneas, lo que no es absolutamente riguroso más que cuando las líneas de las presiones pasan siempre por el interior del núcleo central de las pilas y de las bóvedas. Este es, por otra parte, el caso de los puentes de fábrica construídos normalmente.

No entraremos en los detalles de los cálculos llevados á efecto por el autor; nos limitaremos simplemente á hacer constar algunos de sus resultados.

Por lo que afecta á las bóvedas, si se hace abstracción de la elasticidad de los planos de apoyo, el método ordinario conduce á resultados idénticos para los cinco tipos de obras considerados. Por el contrario, el método de Ritter demuestra que las lí-

neas de las presiones relativas á la sobrecarga ocupan en cada tipo una posición particular y diferente de la que acusa el método ordinario, á excepción naturalmente del primer tipo, cuya bóveda está realmente apoyada sobre planos fijos.

Tomando por unidad los esfuerzos máximos obtenidos por el método ordinario, se encuentra, para los resultados del método de Ritter, los valores indicados en el cuadro siguiente:

TIPO	RELACIÓN DE LAS CIFRAS OBTENIDAS POR LOS DOS MÉTODOS		
	En la clave.	En los arranques.	Media
I.....	1,00	1,00	1,00
II.....	1,67	1,47	1,57
III.....	1,95	1,88	1,91
IV.....	1,71	1,71	1,71
V.....	2,19	2,29	2,24

Para las pilas, los resultados del método de Ritter están con los del método ordinario en relaciones que varían de un tipo á otro como sigue:

Momento flector en la base: de 0,173 á 0,27.

Esfuerzo de compresión máximo en la base (sobrecarga): de 0,24 á 0,294.

Esfuerzo de compresión máximo en la base (carga total); de 0,815 á 0,84.

Las estaciones centrales de distribución de frío en América.

Ahora que el Congreso internacional de París acaba de llamar la atención sobre las industrias frigoríficas, no es inoportuno decir algunas palabras sobre las distribuciones centrales de frío que comienzan á extenderse en América. San Luis, Boston, Filadelfia, Nueva York, Kansas-City, Norfolk, Los Ángeles, Atlantic City, poseen instalaciones de este género, cuyos principales clientes son comerciantes de sustancias alimenticias y otras que no pueden conservarse más que á baja temperatura.

De dos maneras distintas se puede suministrar el frío á domicilio.

La primera consiste en conducir el gas liquidable bajo forma de líquido y por medio de canalizaciones bajo presión, hasta las casas de los abonados, donde se expansiona en un refrigerante, para volver después bajo forma gaseosa á la estación central, donde es nuevamente liquidado y enviado á los conductos de distribución. Este es el sistema llamado de *expansión directa* en el domicilio.

En el segundo procedimiento, esta expansión tiene lugar en la estación central, donde se utiliza en enfriar una solución de cloruro de calcio, que es lo que se distribuye en la ciudad, después de lo cual vuelve á la estación de partida. Este sistema se llama de *canalización de salmuera*.

Daremos sucesivamente algunas noticias referentes á estos dos sistemas.

Distribución por expansión directa.—Exige este sistema tres redes de canalización.

1.º La tubería de ida, cuyo diámetro no pasa de 30 á 35 milímetros, y que sirve para llevar hasta la casa del abonado amoníaco líquido y bajo presión.

2.º La tubería de vuelta, de mayores dimensiones—50 á 100 milímetros—, que conduce desde la casa del abonado á la salida del refrigerante el amoníaco gasificado y expansionado hasta la fábrica central.

3.º La tubería de vacío, que es una red de seguridad ó de socorro, que se comunica por medio de numerosas compuertas

con las dos anteriores, y en la cual una bomba de la central mantiene constantemente el vacío, que se utiliza en caso de accidente en las líneas de ida ó de vuelta para llevar hacia la estación el contenido del trozo de canalización que haya sufrido desperfectos. Esta misma red presta igual servicio si se quiere aislar una sección de las otras.

Todas las tuberías son subterráneas y van por conductos de barro.

En la canalización de ida el amoníaco líquido se encuentra á una temperatura generalmente inferior á 25 grados centígrados, y á una tensión de vapor de 9 kilogramos próximamente, lo que supone una presión de 10,31 kilogramos en el compresor.

La contrapresión se mantiene tan baja como es posible en la canalización de vuelta, en donde no pasa generalmente de 2 kilogramos en los puntos más cargados.

Teóricamente, el rendimiento de una instalación semejante debería ser muy satisfactoria, todo lo más satisfactoria posible, pues el gas liquidado está confinado en un circuito completamente cerrado y no sufre ningún cambio de estado, ni á la ida ni á la vuelta; pero desgraciadamente es imposible mantener la canalización completa impermeable, á causa del trabajo que se produce en las juntas, motivado á su vez por las grandes variaciones de temperatura, de donde resulta que es imposible evitar las fugas, cuya importancia es tanto mayor cuanto que se trata de un gas extremadamente sutil. Estas fugas pueden llegar á ser en tal número que el resultado económico de la empresa se encuentre comprometido.

He aquí el punto débil del sistema, y no obstante todas las precauciones que se toman, entre las cuales figura el uso de la soldadura eléctrica, la dificultad no puede considerarse vencida.

Distribución por circulación de salmuera.—Este sistema se reduce simplemente á una canalización de ida y otra de vuelta, por las cuales circula un líquido incongelable, previamente llevado á baja temperatura.

En este sistema son de temer mucho menos las fugas que en el de expansión directa, donde, como ya es sabido, una de las canalizaciones deja libre el paso á un gas; pero no son por esto despreciables, y las que tienen poca importancia se escapan fácilmente á las observaciones y pueden perdurar largo tiempo antes de ser descubiertas.

Todavía hay otro inconveniente: en tanto que en el primer procedimiento las pérdidas por radiación de las tuberías subterráneas son, por decirlo así, nulas, toda vez que el descenso de temperatura se encuentra localizado en los serpentines, donde se efectúa la expansión, estas pérdidas alcanzarían en el segundo sistema valores enormes si los conductos de ida y de vuelta, que siempre se hallan á muy baja temperatura, no estuvieran convenientemente aislados; hay, pues, la necesidad de alojarlos en canalillos de madera creosotada y cubrirlos de una capa de corcho y de pez, ó de asfalto fundido.

Esto es causa de que los gastos de instalación aumenten sensiblemente, y no obstante la sencillez relativa del sistema de tuberías, dichos gastos exceden considerablemente á los correspondientes del sistema por expansión directa; todavía este hecho se acentúa por la necesidad de emplear bombas para actuar sobre la distribución.

En la práctica, cuando el aislamiento está bien hecho, se limita á 2,5 grados ó 3 grados centígrados la diferencia de temperatura entre los conductos de ida y vuelta.

Gasto frigorífico; gastos de instalación; rendimiento kilométrico.—Se concibe que sea muy difícil, y aun imposible, poder obtener datos suficientemente precisos sobre estos tres puntos, pues los que se han podido obtener presentan diferencias enormes, á causa de la influencia preponderante de las circunstancias locales.

Citaremos, sin embargo, á título de simple indicación, las cifras siguientes:

El funcionamiento de cinco estaciones centrales en América, durante los tres últimos años, ha necesitado en Julio y en Agosto un gasto medio diario de 1.000 frigorías por metro cúbico de compartimiento enfriado. En San Luis se calcula en un caballo y cuarto la potencia necesaria para enfriar un espacio de 22 metros cúbicos y medio. El gasto frigorífico es más elevado en el sistema por circulación de salmuera que en el de expansión directa.

El precio de establecimiento de las líneas ha sido en los Estados Unidos de 82.000 francos por kilómetro, y por término medio para el sector principal, y de 50.000 francos por kilómetro para los sectores laterales.

En fin, según M. Starr, el rendimiento kilométrico medio puede calcularse en 37.000 francos próximamente.

Pero, repitámoslo, no hay que dar demasiada importancia á estos datos, á causa de las diferencias considerables que existen entre las cifras de donde han sido obtenidos.

Características de algunos sectores americanos.

A.—San Luis.

Sistema por expansión directa. Longitud del sector principal: 11,250 kilómetros. Número de abonados: 70 con 200 compartimientos á enfriar. Potencia de la estación central:

Una máquina de absorción de 300.000 frigorías por hora.

Una id. de 600.000 ídem id. id.

Dos máquinas de reserva de 600.000 frigorías hora cada una.

Una de las principales utilizaciones del frío consiste en el enfriamiento del agua potable á domicilio.

B.—Boston.

Dos redes: una de expansión directa y otra mucho más importante por circulación de salmuera. El segundo sistema da mu-



chos mejores resultados á la Empresa. Número de compartimientos enfriados: 200. Potencia de la estación central:

Dos máquinas de absorción de 300.000 frigorías hora cada una.

Un compresor de amoníaco, doble efecto, de 300.000 frigorías hora.

Tres compresores de amoníaco, simple efecto, de 450.000 frigorías hora.

Un compresor de amoníaco vertical, simple efecto, de frigorías hora 2.100.000.

C.—Norfolk y Atlantic City.

Pequeñas instalaciones que funcionan por circulación de salmuera.

D.—Los Ángeles.

Sistema por expansión directa. Longitud de la red: 4,5 kilómetros. Número de abonados: 75. Potencia de la estación central:

Una máquina de absorción de 375.000 frigorías hora.

Dos máquinas de ídem de 185.000 ídem id.

Una máquina de compresión de 600.000 ídem id.

Las tres últimas máquinas se utilizan para la fabricación de hielo, pero pueden, en caso de necesidad, suplir á la primera, que está afecta únicamente al servicio exterior.

E.—Filadelfia. Longitud del sector: 3,5 kilómetros.

F.—Kansas City. Sistema por expansión directa. Longitud del sector, 4 kilómetros. Número de abonados, 100. Potencia de la estación central:

Dos máquinas de compresión de 225.000 frigorías hora cada una.

Dos ídem de 555.000 ídem id.

Observación general: todas estas instalaciones están en manos de Sociedades privadas, y sirven, además de los abonados, importantes contratos frigoríficos, que son explotados por otras Compañías.

Terminaremos diciendo algunas palabras sobre un proyecto de distribución frigorífica que se va á establecer en el Cairo, presentado por la Sociedad francesa del Frío Industrial. Esta instalación comprende:

1.º Una estación central con máquina de amoníaco, de una potencia de 9.000.000 de frigorías hora.

2.º Una canalización principal de 5 kilómetros que conduce el amoníaco liquidado á subestaciones donde se utilizará para enfriar por expansión la salmuera.

3.º Cincuenta kilómetros de canalizaciones secundarias que compondrán la distribución á domicilio de la salmuera enfriada. Se trata, pues, de un sistema mixto.

La estación central está presupuestada en 4.500.000 francos, y las canalizaciones y las subestaciones en 3.000.000 de francos. El precio de coste de 100 frigorías hora será de 0,008 francos en los ocho meses de mayor temperatura, y el precio de venta de estas 100 frigorías hora se ha fijado en 0,02 francos.

(Según la *Technique Sanitaire* y la *Revue Scientifique*).

Puente sobre el Vístula.

Están á punto de terminar las obras de un gran puente metálico sobre el Vístula en Marienwerder. Esta nueva obra ha sido proyectada para el paso de una carretera y una doble línea de camino de hierro, y franquea el Vístula normalmente á los diques de este río establecidos sobre sus dos orillas y á 1.500 metros de distancia uno de otro. Esta distancia, que corresponde á la sección de desagüe en épocas de crecida, se ha reducido á 1.060 metros en el sitio de la obra, moviendo el dique de la derecha, á fin de reducir la longitud del puente convenientemen-

te. Para remediar este estrechamiento del perfil en altas aguas se ha profundizado el fondo del cauce hasta los diques á uno y otro lado del lecho normal.

Por otra parte, y con objeto de crear los menores obstáculos posibles al paso de las aguas y de los hielos en las épocas de crecida, se ha limitado el número de apoyos en el lecho del río, y, en su consecuencia, se ha dado á los cinco tramos principales una longitud de 132 metros de eje á eje de pila, completando el desagüe con dos tramos de inundación de 78 metros de luz en la orilla izquierda, y con tres tramos de la misma importancia en la orilla opuesta.

El puente, que tiene 11,30 metros de ancho útil, no se utilizará provisionalmente más que para una sola línea de camino de hierro, y la circulación carretera tendrá lugar en un ancho de 6,50 metros ante la necesidad de tener que doblar la línea férrea.

Los estribos de la obra se han cimentado por el sistema de encofrados formados de pilotes y tablestacas. En las pilas, donde era preciso prevenirse contra las socavaciones y descender por lo tanto á profundidades que variaban entre 9 y 15 metros por debajo del lecho, se ha empleado el sistema de cimentación por aire comprimido, utilizando cajones de madera y cajones metálicos rellenos de hormigón.

El tablero del puente va sostenido por vigas triangulares cuya cabeza superior es curva en los tramos principales, y de cabezas paralelas en los de inundación. Macizos de piedra de dimensiones excepcionales que pesan 12 toneladas para los grandes tramos y que se apoyan sobre amplias soleras convenientemente dispuestas, aseguran una repartición todo lo más uniforme posible de las presiones sobre el subsuelo inferior compuesto de arena resistente; el coeficiente máximo es de 5,2 kilogramos por centímetro cuadrado.

Sólidos andamios fijos á prueba de crecidas violentas, que tan frecuentes son en el Vístula, han servido para el montaje de la parte metálica del puente, cuyo peso es 12.000 toneladas. El importe total de la obra ha sido de 9 millones de marcos.

Llantas llenas de caucho para automóviles industriales.—Modo de acción y desgaste.

El empleo de llantas de caucho en las ruedas de los vehículos industriales preocupa grandemente á los constructores, porque el desgaste de estas llantas es un manantial de continuos gastos y hace punto menos que imposible obtener la debida remuneración en una empresa de automóviles. Importa, pues, estudiar con cuidado las causas de deterioro del caucho, establecer reglas y justificar los consejos y las prácticas que deben seguirse para reducir los gastos.

Le Génie civil publica sobre esta importante cuestión una nota muy detallada, que creemos útil dar á conocer.

Hasta el presente, los contratistas de servicios públicos en Francia han multiplicado los experimentos, desastrosos para sus socios capitalistas, ya con objeto de comparar los diferentes sistemas de llantas propuestos por los fabricantes, ya para escoger la forma y la sección más conveniente á sus coches; pero los resultados obtenidos no han sido nunca clasificados, ordenados y explicados, por lo que cada experimentador no ha podido aprovechar los ensayos hechos por sus antecesores, viéndose en la necesidad de repetir, frecuentemente, con poco éxito, experimentos costosísimos.

La llanta de caucho tiene una doble función: son órganos de *transmisión* de todas las reacciones del suelo sobre el coche, y son órganos de *suspensión* para la parte no suspendida (ejes, ruedas y resortes).

Las reacciones del suelo se efectúan según tres direcciones y comprenden como se sabe:

- 1.º Una reacción normal (efecto del peso).
- 2.º Una reacción tangencial longitudinal (debida al par motor).
- 3.º Una reacción tangencial lateral.

Por razón de la multiplicidad de los elementos que entran en juego en el estudio de las deformaciones elásticas del caucho, conviene investigar las compresiones límites, colocándose en condiciones todo lo más idénticas posible á las de la realidad.

Si se comprime un bloque paralelepípedo de caucho bajo una presión uniforme creciente, según una velocidad determinada, se observa que los acortamientos por unidad de longitud y de presión, lejos de ser constantes disminuyen á medida que la presión crece. El autor de la nota, M. Girardault, que ha analizado una serie de resultados obtenidos comprimiendo con la prensa hidráulica diversos bloques de caucho, propone la fórmula empírica siguiente:

$$\Sigma = h\rho \left(\alpha + \frac{6}{\rho + 10} \right)$$

en la cual

Σ representa el estrechamiento de la llanta de caucho.

h la altura primitiva de la llanta comprimida.

ρ la presión en kilogramos por centímetro cuadrado.

α y δ coeficientes que dependen de la naturaleza del caucho.

Esta fórmula está de acuerdo con los resultados obtenidos cuando se hace uso de presiones relativamente débiles (15 á 80 kilogramos por centímetro cuadrado) y con secciones próximas á 100 por 100 milímetros. La presión límite puede fijarse en 75 kilogramos por centímetro cuadrado.

Pero no hay para qué decir que en la práctica se debe tener en cuenta no sólo la carga, sino también las asperezas de la rueda, las pendientes, el par motor, los resortes, etc.

Estudiando los efectos de la componente normal, el autor señala el error de los fabricantes de llantas que hasta ahora vienen determinando el peso que se debe admitir por rueda, considerando la presión media sobre la superficie del caucho en con-

tacto con el suelo, siendo así que lo que hay que considerar es la presión máxima, es decir, la presión sobre las partículas de caucho que están en el centro de la elipse de contacto. M. Girardault demuestra que existe entre la presión media y la presión máxima una rrelación constante y que el diámetro de la rueda no tiene apenas influencia sobre la presión normal.

Las conclusiones que se desprenden de este estudio relativo á la comprensión normal de las llantas son las siguientes:

1.º No hay que fiarse de las indicaciones que aparecen en las tarifas de los fabricantes de llantas para escoger la sección que corresponde á un coche y á una carga determinada.

2.º La determinación de la sección conveniente no se debe hacer teniendo sólo en cuenta el peso y el límite de comprensión del caucho, sino considerando además otros factores cuya influencia se indica á continuación.

a) *Causas relativas á la carretera.*—Las pequeñas asperezas son tanto más perjudiciales cuanto más pronunciadas, y cortan más fácilmente el caucho cuando están mojadas que cuando están secas. Los baches son tanto más perjudiciales cuanto su radio de curvatura es más débil. Los obstáculos aislados son siempre muy peligrosos, y tanto más cuanto más elevados y más puntiagudos.

Además, estos efectos perjudiciales aumentan con la velocidad, razón por la cual conviene ir despacio al paso de los baches y de los obstáculos aislados de los firmes. Sin embargo, en el caso en que los obstáculos se sucedan muy frecuentemente, puede ser ventajoso pasar con gran velocidad, si el coche es ligero, pues se evita así el efecto de los obstáculos que siguen al ser elevado el coche verticalmente al pasar por el primero de ellos.

b) *Influencia del coche.*—El peso no suspendido es tanto más perjudicial cuanto es más grande; convienen, pues, ruedas ligeras. Ruedas de gran diámetro serían poco ventajosas en una carretera unida, pero es desventajoso para las llantas tener grandes ruedas para el paso de los baches, y por otra parte la obligación de tener ruedas ligeras las proscriben igualmente. Los resortes deberán ser sencillos y de poco rozamiento.

Teniendo en cuenta todo este estudio, se podrá conocer el límite superior de la carga á que conviene someter las llantas; pero el autor discute la cuestión de saber si habría algún inconveniente en cargar menos la llanta, ó lo que es lo mismo, en escoger una sección de llanta más grande que la que se deduce por aquel estudio. A este fin establece la fórmula que da á conocer el coeficiente de *buená utilización* de una llanta, y se ve que el desgaste del caucho es tanto más reducido cuanto el peso del caucho llevado por las ruedas del coche es más grande. Mr. Girardault pone de manifiesto, con la ayuda de gráficos, esta ventaja de las gruesas llantas.

Analiza á continuación los efectos de las reacciones tangenciales longitudinales debidas al par motor, y de este estudio deduce que no hay inconveniente en acelerar la marcha sobre un suelo terso, pero no así sobre un suelo rugoso; en otros términos: *la velocidad es tanto más cara cuanto la carretera es más rugosa.*

El arranque debe ser progresivo, á fin de evitar todo exceso de presión, y de aquí la necesidad del uso de bielas y de toda clase de enlaces alásticos. Las ruedas no deben patinar en los firmes de piedra partida, cualquiera que sea la sección de la llanta.

En las pendientes, la reacción tangencial debida al par motor se encuentra aumentada por la reacción producida por aquellas, de donde resulta un aumento de presión sobre las llantas que interesa tomar en consideración.

La reacción tangencial lateral se opone al deslizamiento transversal de las ruedas, y los medios empleados para hacer imposible este movimiento consisten: primero, en rodear las llantas simples de una capa protectora de cuero claveteado; pero esta protección es de una duración relativamente limitada; segundo, en emplear bloques ó bandas gemelas. Este sistema es el único que se puede emplear en las calzadas de París, dice M. Girardault, pero no resuelve la cuestión á satisfacción de los viajeros por causa de las trepidaciones á que da lugar.